

出國報告（出國類別：其他）

「生態創新研討會（Workshop on
Eco-innovation）」報告書

服務機關： 1. 經濟部工業局
2. 昆山科技大學

姓名職稱： 1. 吳振華 技正
2. 吳庭年 副教授

派赴國家： 新加坡

出國期間： 96年11月26日至12月1日

報告日期： 96年12月24日

【摘 要】

亞洲生產力組織(APO)為對各會員國在工、農與服務業提供技術、管理等方面服務，以倡導全面生產力之提升，本次特委託新加坡 SPRING 假新加坡舉辦「生態創新研討會」。參加本訓練課程之目的，除了能有機會瞭解其他亞洲國家目前在環境保護方面的發展外，並希望能學習到新加坡及歐洲先進國家在資源再回收及環境保護方面的活動與策略，以作為日後我國推動工業環保政策和輔導措施之規劃參考，希望能引導產業界對資源作永續性利用，促使環境保護與產業發展能兼籌並顧，從而促使產業永續發展。

本次「生態創新研討會」活動內容包含兩大類-研討會及現場參觀，研討會部分有永續廢棄物管理與技術論壇、能源論壇、永續性建築回收研討會等，由學員自行選擇有興趣之主題參加，現場參觀則由全體學員共同參加，參觀地點包含 Enviro Asia 2007 之現場展示、樟宜水回收利用工場、馬尼拉堤、建築與破壞廢棄物回收廠等。

本次出國發現世界各國在廢棄物管理、能源管理、建築廢棄物物理、都市用水管理等方面，除許多方面和台灣過去推動的工作類似外，也有許多許多創新的觀念和工作被推行，特別是在推動國際化、融入國際社會、推展經濟的決心、將環保、民生用水、防洪、觀光和經濟發展結合的概念等方面值得我們深思和參考。

【目 錄】

壹、前言	1
貳、行程概述	2
參、研習內容與重點	3
一、參加永續廢棄物管理與技術論壇	3
二、能源論壇	6
三、永續性建築回收研討會	9
四、參觀 ENVIRO ASIA 2007 之現場展示	12
五、參觀樟宜水回收利用工場	12
六、參觀馬尼拉堤	13
七、參觀建築與破壞廢棄物回收廠	13
肆、心得與建議	14
附錄：1. 活動照片集錦	16
2. 相關網站連結	17

壹、前言

伴隨人類文明的發展以及其中各種社會經濟活動的結果，產生諸如溫室效應、酸雨、森林面積削減、土地沙漠化、臭氣層破壞等環境問題，長期過度開發的結果更使得有限的資源即將耗盡，我們生存的環境不僅短期遭害，長期而言更有亡族滅種之虞。值此危機時代，做好的資源和環境管理，是不可或缺的。

亞洲生產力組織(APO)為一非營利及非政治性的亞洲地區國際組織，於 1961 年 5 月在日本東京成立，其主旨為對各會員國在工、農與服務業提供技術、管理等方面服務，以倡導全面生產力之提升。該組織每年均徵選亞洲各國環保工作人員全額負擔研習費用。本次為本(96)年活動之一，委託新加坡 SPRING 假新加坡舉辦「生態創新研討會」。

參加本訓練課程之目的，除了能有機會瞭解其他亞洲國家目前在環境保護方面的發展外，並希望能學習到新加坡及歐洲先進國家在資源再回收及環境保護方面的活動與策略，以作為日後我國推動工業環保政策和輔導措施之規劃參考，希望能引導產業界對資源作永續性利用，促使環境保護與產業發展能兼籌並顧，從而促使產業永續發展。

本次研討會參加國家計有我國、日本、新加坡、斐濟、馬來西亞、蒙古、斯里蘭卡、泰國、越南、及柬埔寨、寮等共 11 國 15 位代表，各國均需提出狀態報告，並分享研習心得。

貳、行程概述

11 月 26 日 (一)	赴新加坡
11 月 27 日 (二) 上午	1. 活動提要說明與各國代表交流 2. 參加 Enviro Asia 2007 開幕典禮 3. 參加永續廢棄物管理與技術論壇 (Sustainable Waste Management and Technology Forum)
11 月 27 日 (二) 下午	參加永續廢棄物管理與技術論壇
11 月 28 日 (三) 上午	參加能源論壇 (Eeergex2007)
11 月 28 日 (三) 下午	參加能源論壇 (Eeergex2007)
11 月 29 日 (四) 上午	參加永續性建築回收研討會 (Conference & Workshop on Recycling for Sustainable Construction)
11 月 29 日 (四) 下午	參觀 - Enviro Asia 2007 之現場展示
11 月 30 日 (五) 上午	1. 參觀樟宜水回收利用工場 (Changi Water Reclamation Plant) 2. 參觀馬尼拉堤 (Marina Barrage)
11 月 30 日 (五) 下午	1. 參觀建築與破壞廢棄物回收廠 (Construction & Demolition Waste Recycling Plant) 2. 分享研習心得報告及頒發結業證書
12 月 01 日 (六)	返台灣

參、研習內容與重點

一、永續廢棄物管理與技術論壇 (Sustainable Waste Management and Technology Forum)

本項論壇之在 11 月 27 日共有 7 門課程，其內容包含：

(一) 國際固態廢棄物協會 (International Solid Waste Association, ISWA)

的總裁 Niels Jorn Hahn 講授歐盟觀點的廢棄物管理趨勢

國際固態廢棄物協會由英、美等 32 個國家組成(包含亞洲的日本及韓國)，其主要任務在於成為廢棄物管理領域中能代表各種觀點及利害關係者的領導性國際網路、促進各類國家或國際組織合作研究、研討及交流、促進全球的廢棄物永續管理。

Niels Jorn Hahn 表示歐盟的廢棄物雖逐年增加，但掩埋量確逐年下降，目前掩埋約佔 45%、焚化佔 18%、回收再利用 37%，相關法令有 Landfill Directive、Waste Framework Directive 及 Waste Shipment Regulation，面臨的主要問題有廢棄物數量增加（造成環境負擔、衝擊及資源損失）、掩埋廢棄物量太多（約 50% 的 MSW 在歐盟用掩埋）、溫室氣體排放（主要是掩埋場之甲烷排放）、處理能力問題、與其他地區之運送增加等，因此歐盟正在調整政策，希望將 Waste Framework Directive 由原來的整合廢棄物管理的模式調整為資源管理的模式，歐盟議會提案將固態廢棄物之回收率提升至 50%、建築廢棄物的回收提升至 70%、2012 年時廢棄物之產生量降低至 2008 年的水平、2020 年再進一步降低、2015 年時達成各類廢棄物（紙、鐵、塑膠、玻璃……）分離回收、5 步驟架構（指導原則）、生命週期評估及成本效益分析從架構中獨立、提升廢棄物燃燒設備及需求能源回收之效率限值、強化生產者付費原則等列入政策目標。

(二) 新加坡國家環境局 Semakau 掩埋場總經理王忠鵬 (Ong Chong Peng) 講授

以 Semakau 掩埋場為例之掩埋場永續管理

王忠鵬先生首先說明新加坡的固態廢棄物管理情形，新加坡從 1970 年開始廢棄物的產出量逐年增加，2006 年廢棄物產出量約為 7000 噸/天，主要的廢棄物處理設施有 Ulu Pandan 廢棄物焚化場（1100t/d）、Tuas 焚化場

(1700t/d)、Senoko 焚化場(2400t/d)、Tuas South 焚化場(3000t/d)、Semakau 掩埋場等，其中 Semakau 掩埋場係 1999 年 4 月 1 日開始營運，採用填海造陸模式建造，其建造成本為 6 億 1 千萬新加坡幣、掩埋面積為 350 公頃、掩埋能力為 6300 萬立方公尺（含 11 個濕室、4 個乾室）、廢棄物運送使用 6 台平底船（每台容量為 3500 立方公尺）及 3 台拖船，廢棄物處理使用 2 台分散挖掘機、4 台卸貨挖掘機、3 台輪式裝填器、10 台傾倒卡車，掩埋使用 4 台壓土機及 5 台推土機。

新加坡預計在未來逐步擴大該掩埋場之用途，使該場址能永續利用，達成零廢棄物的遠程目標，維持 Semakau 掩埋場之策略如下：

1. 增加廢棄物回收率：2012 年時將現行 51% 的廢棄物回收率提升至 60%（可燃廢棄物、不可燃廢棄物、爐灰等均為回收對象）。
2. 減少廢棄產生：源頭減量（少材料、少包裝、易於回收設計）、和廢棄物產出者及社區合作減廢。
3. 採用先進之廢棄物轉換能源（Waste-To-Energy）技術：未來將採熱裂解或氣化等技術使廢棄物焚化後產細微料底灰，回收用於建材後，使得原來燃燒產生占廢棄物原重 20% 之需掩埋底灰或飛灰，減少至約 3%，以延長掩埋場之壽命。
4. 經由民間與政府之伙伴關係，提升民眾減廢意識：將把 Semakau 掩埋場建設為具觀光與休閒功能（溯潮、釣魚、賞鳥、觀星）之地點，同時寓教於樂，教導民眾減廢意識。

（三）國際資源回收論壇（Resource Recovery Forum）之執行長 Kit Strange 先生（英國籍）講授「推動有效掩埋之政策與實務-法規與經濟工具的角色」。

Kit Strange 認為歐洲的廢棄物管理將逐漸出現問題，因為歐洲總廢棄物產生量高達 13 億噸/年、都市和有害廢棄物管理成本高達 750 億歐元/年、廢棄物管理和回收的交易額高達 1000 億/年，而歐洲的人口、家戶、GDP、能源消耗等逐年成長，GDP 越高的國家其廢棄物產生數量及物料流動也越多，這幾年歐洲有關廢棄物管理增加部分主要在針對特定廢棄物指派生產者的財務責任、增加有機物質從掩埋的轉換、建立廢棄物預防政策，歐洲 2002 到 2012 年的第 6 環境行動方案包含都市環境、土壤品質、廢棄預防和回收、殺

蟲劑、永續資源使用、海洋環境及空氣品質等，主要廢棄物管理法規有廢棄物架構指令 (Waste Framework Directive)，廢棄物管理標準在程序性定義方面有 WEEE、ELV、包裝和電池指令，在避免廢棄物處理設施排放方面有掩埋、IPPC 和焚化指令，在確保高處理效率方面有 IPPC Brefs，在避免回收物質風險方面有化學物質法、廢棄物中物質限制法及 REACH 等。

(四) ISWA STC 的主席 Jeff Cooper 講授「有機廢棄物處理之創新」。

Jeff Cooper 說明有機廢棄物處理包含決定資源與廢棄物策略 (植物、食物與其他廢棄物)、處理方案 (丟棄、儲存、焚化與厭氧消化)、資源使用與回歸土地之選擇 (品質是最高原則) 等 3 大要素，有機廢棄物一般分為植物、食物、紙與其他廢棄物及動物副產品等 4 類，在英國每天約有 670 萬噸的食物廢棄物丟在家庭的廢棄物容器內、約有 25~35% 的食物丟棄，有機廢棄物的處理方式包含堆肥、容器內堆肥、厭氧消化、焚化及替代技術 (如：生物化應器) 等。Jeff Cooper 並下結論說有機廢棄物的進一步處理存在巨大潛力，同時存在巨大的潛力來降底溫室氣體排放，處理有機棄物存在許多不同的環境利益，有機棄物存在產生新能源的潛力，也可以協助土壤改革、處理技術的選擇範圍可以從低成本到高科技。

(五) 奧地利 ARA (Altstoff Recycling Austria) 公司的副總裁 Hermann Koller 講授「永續及有效之廢棄物管理-奧地利經驗」。

Hermann Koller 指出 2006 年奧地利環境局統計家庭與類似機構的廢棄物達 340 萬噸，其中固態廢棄回數佔 48% (殘存廢棄物佔 41%、大體積廢棄物佔 7%)、分離回收 52% (次級物料佔 35%、生物廢棄物佔 16%、有害廢棄物佔 1%)，主要之廢棄物管理策略係依據 2002 年的聯邦廢棄物管理法案，該法案的目標在於永續廢棄物管理 (節省原物料與能資源、最低的掩埋量、對環境的傷害最小)，其原則包含預警原則、污染者付費原則 (包含生產者與消費者之責任) 與高標準原則 (有關技術處理與回收設施) 等。

(六) ENSR AECOM 的 Rick Reidinger 先生講授「亞洲固態與有害廢棄物處理之浮現趨勢」。

Rick Reidinger 指由於經濟迅速成長，亞洲地區已成為世界工廠，也因此廢棄物數量飛漲，但確面臨處理能量不足、企業無法負擔真正的廢棄物處

理成本、法令不完善、執法不徹底、環境惡質化等問題，近來隨著公眾意識提高，法規日趨嚴格，進而促使私部門參與廢棄物處理，如新加坡完全私有的市場架構、香港及馬來西亞由政府支持的市場架構，整體而言亞洲的廢棄物處理趨勢是（1）傾向採用具保障和成本效益的處理、回收和處置技術（2）焚化、溶劑回數、油回收與家庭廢棄物掩埋非常普遍（3）管理良好的私有市場造成創新及小型彈性設備普及（4）黑市的存在與差勁管理造成非法傾倒和次級處理盛行（5）高成本的處理方案通常會失敗。

（七）德國威瑪 Bauhaus 大學的 W. Bidlingmaier 教授講授「廢棄物處理系統的生命週期評估-有關於京都議定書」。

W. Bidlingmaier 認為現今已從工業時代邁向科技時代家戶、工業與運輸部門的能源需求都已大幅增加，資源的確保已成為各國的重大議題，他接者說明溫室氣體排放總量中能源部門的排放約佔一半，其次為運輸部門和農業部門，他估計全球每年原物料的供應有 70%的損失，其中只有 0.5%被供應的物料 50 年後還存在，正確地說全部被供應的物料中只有 2%仍被使用或存在。

W. Bidlingmaier 接者說明京都議定書的研訂過程和實質內涵，再說明都市化造成廢棄物增加的情形、廢棄物管理方案的評估、歷年產生的問題及如何藉由廢棄物處理系統的選擇和節能【（1）於廢棄物處理方案選擇時，針對每一項廢棄物料計算其排放係數，（2）計算如何藉由能源回收避免能源產生所減少之排放，（3）針對每一處理方案計算其運輸過程的排放量（4）排放係數可結合廢棄物構成資料和廢棄物處理資料，以得全部的溫室氣排放】，來減少溫室氣體排放，並說明傳統的掩埋雖不會造成 CO₂ 排放，但因為 CH₄ 的排放確會造成更嚴重的溫室氣體問題。

二、能源論壇（Energex2007）

能源論壇（Energex2007）係由新加坡永續能源協會（SEAS）主辦、國際能源基金（IEF）贊助，在 11 月 28 日論壇分為 3 個不同場地同時舉行，論壇除專題演講外，另分為 6 個分組議程，可隨參與者的喜好自行選擇議程參加，茲就本人參與之相關內容說明如下：

在專題專題演講部分，因未提供書面或電子資料，爰謹就本人記憶所及部分說明如下：

(一) 德國 Fraunhofer 太陽能系統機構 (ISE) 前任執行長 Joachim Luther 博士講授「世界的轉變-朝向永續能源系統」。

Joachim Luther 教授的工作集中於可再造能源的理論系統和能量氣象學。1993 年，他接受了一個在 Freiberg 大學教授職位，以研究固態物理學和 Solar Energy。同時自 1993 年以來，他領導 Fraunhofer 學院的 Solar Energy 系統機構 ISE。在他的領導之下，學院職員被加倍了到 410 人，年度研究預算達 2 千 5 百萬歐元 (不包括投資)，其中 35% 的預算直接與產業相關。Fraunhofer 的 ISE 建立了幾個世界紀錄，特別在太陽能電池方面，如：多晶系硅太陽能電池效率為 20.3%、僅 37 μm 稀薄的非常有效率的單晶質的硅太陽能電池、集中器效率達 35% III-V 太陽能電池等。Joachim Luther 有高國際名譽，他在許多國際和國家介入，例如，他是國際 Solar Energy 社會 ISES 的在 1992 年和 2001 年之間理事的成員，在 1997 年和 2002 年之間，他是 EUREC 代辦處的主席，代表歐洲共同體 40 個研究所。在德國最大的應用研究組織「Fraunhofer-Gesellschaft」之內，Luther 是參議院的成員；他屬於歐洲顧問委員會和科學和技術執行委員會的主席。他認為必須高效率地使用能量和增加對可再造能源的用途。這也是最近建立的 Fraunhofer 能量聯盟的目標，其中 Luther 是主席。2005 年由於他在研究區域和在促進 solar energy 系統的市場推廣的成就，Luther 被授予德國環境獎。

(二) 奧地利 Graz 科技大學的教授 Martin Mittelbach 講授「奧地利 biodiesel (生質柴油) 的成功故事」。

Martin Mittelbach 介紹在奧地利關於生質柴油最近 20 年的發展概要和將來發展。生質柴油的生產和運用，以作為供選擇的燃料，最早的研究活動是 80 年代創始於格拉茨大學化學學院。1987 年在南施蒂里亞的第一個試驗工場從 canola 油被放入生質柴油生產操作，1991 年第一家工業等級的生質柴油生產工廠開設了，1994 第一個使用的煎炸油的生質柴油開始生產。奧地利是生質柴油的原料發展及生質柴油生產方面的先驅，像使用的煎炸油、脂肪和非可食的油 (如：麻風樹屬 *curcas L.*) 一系列的全國和國際研究計

劃被執行，並且結果成為全世界工業實施的依據。在 1991 第一全世界描述生質柴油的質量標準，由奧地利學院出版並標準化，在 Austrias 經驗幫助下生質柴油 EN 14214 的歐洲規格開發了。生質柴油的未來發展包括查尋新的原料，這些原料的能承受的生產，並且有質量的改善。

(三) 其他如：新加坡環境與清潔能源發展局局長 Goh Chee Kiong 講授「新加坡如何擔任清潔能源的領導中心」、新加坡 Chemoil 集團執行長與執行主席 Robert Viswanathan Chandran 講授「全球乙醇商業」、新加坡化學與工程科學機構執行長 Kieth John Carpenter 博士講授「原油替代方案-燃料與化學物研究方案」、新加坡亞洲碳交易公司氣候變遷部門主管、碳交易主任 N Yuvayaj Dinesh Babu 講授「清潔發展機制於促進再生能源領域拌演之角色」。

在本人參與之分組議程部分，重點說明如下：

(一) 奧地利 Vogelbusch GmbH 公司的 Josef Modl 講授「規劃生質乙醇工場的基本考量」。

Josef Modl 認為現代科學技術概念應用規劃及建造生質乙醇工場，主要聚集於影響生產成本之特定參數的最佳化，在這論點下，關鍵的論點是發酵概念的選擇、節能程序設計理論的應用和廢污水的避免。經過比較，連續發酵可提供較低的投資成本和較少的勞力需求，同時可確保製程的高可靠度、工場的高利用度。生質乙醇製造過程中有關節能係聚焦於熱能消耗，藉由次級能源的回收和再利用，熱消耗系統的整合可以被達成。高整合性的工場有複雜的設計需求，選擇熱整合的最適水平，必須考量投資和能源成本，但原材料的品質具有重大影響。

(二) BDI 生質柴油國際公司的 Edgar Ahn 博士講授「生質柴油國際公司 (BDI) - 真實多元進料技術」。

BDI-生質柴油國際 AG 公司，是一家奧地利基礎工程公司，專門研究植物工程學以處理更新資源。該公司專門研究從菜、脂肪和油，來發展和製造生物可分解、環境友善的燃料以用於生質柴油(BioDiesel)。在最近 20 年期間，BDI 和它的研究員展關了許多生質柴油生產的創新，從而建立的 BDI 獨特的領域位置，作為此方面世界技術市場領導者。

(三) 由於接下來的演講者均屬各別公司的產品介紹或技術說明，以及學者之論文發表，因此不再敘述相關內容，僅摘錄其演講主題和作者名稱如下：

1. 奇異公司在奧地利 Jenbacher 的蒸氣引擎部門經理 Alfred Buchner 講授「Jenbacher 蒸氣引擎的熱、冷卻和電力」。
2. 奧地利 Energea Unweiltechnologie 公司的 Nurhan Erguen 講授「從奧地利談現代生質燃料技術」。
3. 奧地利國際 Gerhard Agrinz 公司的老板 Gerhard Agrinz 講授「再生能源-永續利用社區合作」。
4. 美國 Ion Beam Optics 公司的總裁 Michael Fulton 講授「太空基礎的太陽能電力技術-引導陸地聚乙烯應用的高效率集中陣列發展」。
5. 奧地利 Fronius 國際公司的 Manfred Koppel 講授「Fronius 公司-投資者的新時代及其優勢」。
6. 日本 Ritsumeikan 大學的 Takashi Minemoto 發表「經由三階段蒸發製成之 CU (IN,AL) SE2 太陽能電池的電子特性」。

三、永續性建築回收研討會 (Conference & Workshop on Recycling for Sustainable Construction)

本項研討會於 11 月 29 日舉行，內容重點如下：

(一) 國際資源回收論壇 (Resource Recovery Forum) 之執行長 Kit Strange 先生講授「資源回收的最佳化系統-歐洲觀點」。

Kit Strange 說明在 1992 年 7 月時的統計顯示歐洲的建築與破壞廢棄物約佔所有廢棄物的 22%，其組成又以水泥、磚塊等佔最多達 75%、其次為木材 11%、金屬 5%、玻璃、塑膠與絕緣設備等 5%、其他 5%，而各國在物料回收與能源回收之比例，視國情不同而差異很大（如：德國能源回收 83%、物料回收 17%，荷蘭能源回收 10%、物料回收 90%），在英國的固態廢棄物中建築與破壞廢棄物約佔 32%，合法棄置量（2005 年約佔 18%）逐年下降，回收量則逐年增加（2005 年時約達 4500 萬噸）。

Kit Strange 認為

1. 不能恢復的建築與破壞廢棄物是一項特別的廢棄物資源，這種物料沒有生

命、但具有潛在巨大的用途。

2. 選擇性破壞逐漸成為許多國家的標準實務。
3. 適度的限制或全面的禁止此種廢棄物的掩埋，是推動永續實務上非常有效的誘因，其他如額外計畫性之控制、租稅、補貼、許可、自願性協議、支持研究方案、建立有效之試驗方案等都有幫助。
4. 可能最重要的是需要最佳的資訊。
5. 促進資源效率行動之障礙有（1）對增加成本的認知（2）對潛在商業利益欠缺理解與少量事證（3）小型公司欠缺良好實務知識（4）相較於掩埋需要財務誘因方案-如增加回收物料的市場需求與回收處理能量（5）競爭性的商業壓力。
6. 沒生命破壞廢棄物的回收與再利用已成功建立（80%均回收）。
7. 96%的最佳回收（含回收與再造）比例是可行的。
8. 但仍沒有可信賴的方法證明統計數據是可信的。
7. 經濟與法規工具的混合使用可建立非常有效的永續建築與破壞廢棄物程序。

(二) 日本土地、基礎建設與運輸部政策局建築工業組組長 Hidenori Furuichi 及法律事務主管 Takayoshi Furuya 講授「日本建築廢棄物的現狀與法規體系」。

Hidenori Furuichi 說明日本建築之副產品可概分為廢棄物（如有害物質）與可回收物料（又分為需進一步處理與不需進一步處理 2 類）2 類，建築廢棄物是歸屬在工業廢棄物之下的殘骸、污泥、廢木材、廢塑膠、廢玻璃與陶瓷、廢金屬、廢紙及廢紡織品等，日本環境部 2004 年統計產生的 4 億 2 千萬噸的工業廢棄物中建築工業有 7 千 9 百萬噸（約佔 19%），最終處置的工業廢棄物約 4 千萬噸，其中建築廢棄有 7 百萬噸（約佔 17.5%），2005 年的 7 千 7 百萬噸建築工業廢棄物中瀝青與混泥土塊最多有 3 千 2 百萬噸（41%）、純混泥土塊次之有 2 千 6 百萬噸（34%），經由各種努力最終處理場所的處理能力及殘餘壽命已逐年增加，非法棄置量近年亦有下降現象，由於大量的建築廢棄物對環境造成的負擔（尤其是非法棄置）及少的最終處置場所處理能力逼近臨界點，促使日本政府訂定建築廢棄物回收法。

Takayoshi Furuya 說明日本為建立回收導向的社會，在法規體系方面，

可概分為環境基本法、基礎架構法（建立回收導向社會基本法）、一般體系法（廢棄物處理與公共清潔法、資源有效利用促進法）及個別特性法（如：建築廢棄物回收法、食物回收法、容器包裝回收法等）。

2005 年日本建築廢棄物的回收率約達 92%，其中瀝青的回收率為 99%、混泥土的回收率為 99%、廢木材的回收率為 91%、污泥的回收率為 75%、其他混合物的回收率為 28%。

(三)香港綜合科技大學土木與結構工程系教授 C S Poon 講授「混泥土與混泥土產品之建築與破壞廢棄物的再利用」。

C S Poon 說明香港的建築與破壞廢棄物有 4 個來源，包含地基開挖、場址清理、舊建築破壞及隧道開挖等，它的產生量逐年增加，2003 年的統計其中可再利用部分約佔 84%、無法再利用需掩埋部分則佔 16%，成份以泥土最多佔 63.4%，其次為硬質材料與泥土之混合物佔 18.4%、建築物殘骸佔 9.4%，2005 年時約有 2000 萬噸，其可回收再利用部分主要為惰性材料，管理策略主要是減量（Reduce）、再利用（Reuse）與回收（Recycle），回收再利用主要是製成回收骨料（Recycled Aggregate, RA），而 RA 的潛在用途有做為建築墊層、填籠石料、U 型渠、路基底層、混泥土、鋪路磚塊、疏水石、管道座槽、海牆磚等，但使用前必須先驗證通過香港的測試規範，測試重點包含含水量、壓縮強度、伸展強度、鍵結強度等。

(四)亞洲混泥土建築協會建築物與建築標準委員會第 2 執行主席 Tam Chat Tim 博士講授「BS EN 的較佳混泥土品質規範」。

Tam Chat Tim 認為好品質的混泥土有減少潛在劣質混泥土、減少保養和維護需求、確保較佳的回收混泥土骨材、提升消費者對混泥土質量較高的信任、相對於其他材料有更高的競爭性等優點，為了確保好品質的混泥土，全球已朝向使用績效基礎（performance-based）的方法（取代既有規定式的內容）來衡量混泥土品質，如 BS EN 206-1，該規範特別著重於生產管制，包含材料選擇、混泥土設計、生產、檢驗、測試及一致性管控等內容，生產過程的林料、設備、製造程序、混泥土等均需符合規定（如：混泥土構成材料規定 BS EN 197-2:2000、飛灰規定 BS EN 450-2:2005、矽煙規定 BS EN 13263-2:2005、骨材規定 BS EN 12620:2002），接受管控，管控過程如發現

缺失，應即採行修正程序，該規範的精神在於最佳管控等於最小變化。

四、參觀－Enviro Asia 2007 之現場展示

Enviro Asia 2007 是新加坡舉辦之第 3 屆國際環保研討會暨展示，舉辦地點位於新加坡的 SUNTEC 國際會展中心 404 廳、舉辦時間為 2007 年 11 月 27 日至 11 月 30 日，為期 4 天，主辦單位為新加坡環境和水資源部、國家環境局 (NEA)、公用事業局 (PUB)，協辦單位則包含新加坡廢棄物管理及回收協會 (WMRAS)、水協會 (SWA) 和永續能源協會 (SEAS)，執行單位則為民營會展管理服務公司及新加坡展覽服務公司，活動內容除有歐洲、美國、韓國、日本、大陸、印度、香港、以色列及東南亞各國約 120 家公司參與現場展覽外，另舉辦包含永續廢棄物管理與技術論壇、2007 國際環境與水會議、永續性建築回收研討會及能源論壇 (Energex2007) 等，歡近各界報名參加。

五、參觀樟宜水回收利用工場 (Changi Water Reclamation Plant)

樟宜水回收利用工場是由新加坡公用事業局 (PUB) 負責建造，編列之經費為 20 億新加坡幣 (台幣約 440 億)，預計要在 2008 年完成，該工場完成後將成為一個世界最大的水回收利用工場，它位於新加坡東部邊緣，這座工場的建築主體均將地下化，並儘量堆疊以創造最大的空間利用率，總面積小於 55 公頃，約儘為傳統工場設計所需土地面積的 1/3。場內將有沙粒去除、主要沉澱、具備好氧和厭氧區域的生物反應器、次要沉積，次要沉積作用、污泥減厚和烘乾等設備。經由物理和生物處理工場將提供國際最高標準的清水，適於排放進入新加坡海峽深海，工場的流出物將來也考量予適當回收再利用，設計也將容納未來新水 (NEWater) 工場建造計畫。

這個重要建設項目的一個主要特點是在建築期間使用先進的計算機技術 (使用三維模擬和資料庫在它的設計)，資料庫和模式中的資訊將被運用未來工場的運作。在 2008 年第一個階段完成後，工場將有能力處理每天從家戶、工廠和企業產生的 80 萬立方公尺已使用水，最終的處理能量將達到 240 萬立方公尺/天。

六、參觀馬尼拉堤 (Marina Barrage)

馬尼拉堤是一個建造在新加坡馬尼拉海峽的水壩，它將形成新加坡最大及最都市化的城市蓄水池，集水量達到 1 萬公頃（約等於新加坡 1/6 的面積），將使新加坡在 2011 年前全國集水量較目前增加 1/2 至 2/3，馬尼拉堤是新加坡內閣資政李光耀 20 年前的構想，他設想將馬尼拉海峽攔截以創造清潔用水的蓄水池，馬尼拉堤的整體設計是一個 3 合 1 的構想，希望藉由該堤的設計達到以下三項利益：

- (一)水供給：堤防本身包含 9 個冠狀閘門，以便在 350 公尺寬的海峽上阻隔海水，經由自然的洗淨作用，堤內的水將逐步變為清潔水體，再經由先進之薄膜技術處理後，就可變成安全的飲用水，新的馬尼拉蓄水池結合新加坡既存之 Punggol 和 Serangoon 蓄水池，將可在 2011 年前提提升新加坡全國集水量達 1/2 至 2/3，集水是新加 4 大用水來源（另有進口水、新水和淡化水）之 1，作為區域水供給的柱石之 1，馬尼拉蓄水池將提供新加坡現有用水需求的 10%。
- (二)洪水控制：馬尼拉堤本身是整體洪水控制機制之一，用於減輕新加坡低窪地區（如：中國城、Boat Quay）的洪水威脅，因為堤一旦建成將可分離海水和淡水，在雨季及低潮時閘門可以打開以釋放過的雨水，如潮水太高也可以利用排水幫浦（280 立方公尺/秒）將過多雨水排出，因此低窪地區再也不會淹水。
- (三)生活型態的吸引：因為馬尼拉水池中的水不再受到潮水的影響，其水位可以全年保持固定，使它可以成為一個理想的水上休閒活動場地，如：划船、風帆船、滑水，進而創造觀光休閒產業。

七、參觀建築與破壞廢棄物回收廠 (Construction & Demolition Waste Recycling Plant)

新加坡 SANWOH 公司的技術長 Ho Nyok Yong 說明因為新加坡是一個小國，自然資源和空間非常有限，廢棄物又很容易造成環境問題，最近自印尼進口混凝土和沙等的保證瓦解，使得新加坡非常注意替代性的永續材料的尋找，因此回收廢棄物料，使它們變成可再利用物料成為新加坡政府關注的重點，新加坡在 2007 年可回收再利用的廢棄物料包含 200 萬噸/年的混凝土廢棄物、80 萬噸/年的瀝青

路面廢棄物及 60 萬噸/年的焚化爐爐灰。

混泥土廢棄物主要來自混泥土建築物的建造和破壞，其內容除混泥土外，尚包含金屬、磚塊和塑膠，經由適當處理後就可以被再製為高品質的回收混泥土骨料 (Recycled Concrete Aggregate, RCA)，有二個方法可以製造高品質的 RCA，其一是粉碎、分類與篩選技術、另一個是加熱研磨技術，因為第一項技術的成本效益較高，故該公司係採用該技術，該技術需有適當場地，並設置粉碎機、電磁分析器、震動篩分設備、輸送帶、分類站及適當的品質檢測設備，RCA 在新加坡主要用於路面建造（做為路基）及非結構化的預鑄混泥土元件製造，該公司正與相關學術研究單位合作探討如何運用 RCA 在結構化的預鑄混泥土元件製造。

肆、心得與建議

本次出國發現世界各國在廢棄物管理、能源管理、建築廢棄物物理、都市用水管理等方面，除許多方面和台灣過去推動的工作類似外，也有許多許多創新的觀念和工作被推行，茲列舉個人覺得值得我們深思和參考之處，說明如下：

- 一、為了經濟的發展，同時避免自然環境日益惡化，有必要找出一套兼顧工業發展和環境保護的方法，從歐洲的經驗來看，從教育和法制著手是較容易和可行的辦法。
- 二、亞洲各國的政府組織和法令體制不同，而我國以工業部門推動工業減廢、清潔生產及環境管理各方面的成果，可給與其他東南亞國家做為在工業的發展過程或開發階段，如何做好環境保護工作之參考。
- 三、東南亞各國在環境保護方面的工作逐年進步，特別是新加坡、馬來西亞和越南的進步頗為明顯，追究其原因，無不與其國內經濟快速成長有關，而其成功關鍵似乎都與改革開放及推動國際化（如：將英語定為國家語言、加強經貿交流、展覽等）有關，值得我國重視。
- 四、新加坡的資源比我國更有限，資本和技術則更有所不及，而其經濟成長和人均國民所得卻超過我國，究其原因，除和我國特殊之政治與國際地位有關外，該國大力融入國際社會的各種具體做法和政府推展經濟的決心，應是其成功的關鍵因素。
- 五、馬尼拉堤將環保、民生用水、防洪、觀光和經濟發展結合的概念，值得我國借鏡，

特別是在建設各種大型水力設施時，除水力專業外，應有其他功能的評估和考量，必要時應增加其附加價值，以提升對經濟發展之幫助。

六、日本多年以來一直在設法創造回收導向的永續發展社會，其概念和做法，對於資源更為有限的台灣而言，似乎是在兼顧環境保護下，發展經濟的有效解決方案，但如何計劃和實行，除參考日本做法外，仍需考量我國特殊國情，並待全國各界共同努力。

七、生質能源的發展已成國際趨勢，各國均針對其國內特有量多的植物研究可行的生質能源，我國雖然農作業耕作面積有限，但植物種類繁多，如何找出我國特有的生質能源發展利基，值得相關單位深入研究。

八、新加坡是一個小島，可供儲水的地點和空間有限，用水經常面臨挑戰，因此該國非常有系統的發展貯水及水處理設施，94年時我國也曾面臨嚴峻的用水不足問題，衝擊民生甚鉅，新加坡對水資源的規劃和管理，值得我國水利單位借鏡。

附錄

一、活動照片集錦



圖 1. 參加 Enviro Asia 2007 開幕式



圖 2. 參加永續廢棄物管理與技術論壇



圖 3. 參加能源論壇 (Energex2007) 1



圖 4. 參觀 Enviro Asia 2007 展示



圖 5. 參觀樟宜水回收利用工場之幫浦室

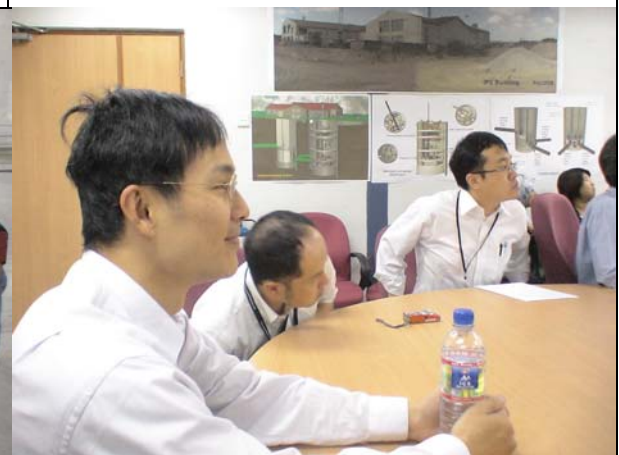


圖 6. 在 SPRING 辦公室進行學員心得交換

二、相關網站

1. 亞洲生產力組織：WWW.AOP-TOKYO.ORG
2. 新加坡 SPRING：WWW.SPRING.GOV.SG
3. ENERGETEX2007：<http://www.energetex2007.com/>
4. ENVIRO ASIA 2007：<http://www.enviroasia.com.sg/>
5. 資源回收論壇：<http://www.resourcesnotwaste.org/>
6. 新加坡國家環境局：<http://app.nea.gov.sg/>
7. 新加坡公用事業局：<http://www.pub.gov.sg/home/index.aspx>